云　南　植　物　研　究　2006，28（5）：481～487
Acta Botanica Yunnanica

七种中国珠藓科植物孢子形态研究

裴林英[1,2]，贾　渝[2]，赵遵田[1]

（1 山东师范大学生命科学学院，山东 济南　250014；2 中国科学院植物研究所，北京　100093）

摘要：作者通过光学显微镜和扫描电镜观察了 7 种珠藓科植物的孢子。观察结果显示：孢子近极薄壁区的有无、形状及外壁纹饰的细微结构等方面，在属间和种间存在一定的差异。与此同时，这 7 种珠藓科植物的孢子在大小、外壁厚度等方面表现出较大的相似性。本研究也显示孢粉学资料可以为研究珠藓科系统演化提供可靠的依据。

关键词：珠藓科；孢子；中国

中图分类号：Q 944　　　　**文献标识码**：A　　　　**文章编号**：0253 - 2700(2006)05 - 481 - 07

Spore Morphological Observation for Seven Species of Bartramiaceae in China

PEI Lin-Ying[1,2]，JIA Yu[2]，ZHAO Zun-Tian[1]

（1 *College of Life Sciences*，*Shandong Normal University*，Jinan 250014，China；
2 *Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Beijing 100093，China）

Abstract: The spores of 7 species in Bartramiaceae from China were observed by light microscope（LM）and scanning electron microscope（SEM）. The result shows that there are some differences among 7 species on the proximal face，the exine ornamention and shape . By contrast，there are some similarity on size and thickness of exine . These observation will increase new information of spores for systematic analysis of Bartramiaceae .

Key words: Bartramiaceae；Spore；China

珠藓科 Bartramiaceae 全世界有 10 属，386 种（Crosby 等，1999），为世界广布科，主要分布于热带或温带山地，其现代分布多样性中心在南美（Virtanen，2000）。中国有 6 属 41 种（Redfearn 等，1996）。珠藓科孢子形态的研究，国外已有一些相关的报道。Hirohama（1977）用扫描电镜对珠藓科中的 8 个属 35 种植物的孢子形态结构进行了观察，其中刺毛藓属 *Anacolia* 4 种，珠藓属 *Bartramia* 8 种，小珠藓属 *Bartramidula* 1 种，热泽藓属 *Breutelia* 4 种，*Conostomum* 4 种，*Leiomela* 1 种，泽藓属 *Philonotis* 12 种，平珠藓属 *Plagiopus* 1 种。此外，Boros 等（1993）在《An Atlas of Recent European Bryophyte Spores》一书中，报道了 6 种珠藓科植物的孢子形态结构，种类包括：亮叶珠藓 *Bartramia halleriana* Hedw.，梨蒴珠藓 *Bartramia pomiformis* Hedw.，直叶珠藓 *Bartramia ithyphylla* Brid.，*Conostomum tetragomum*（Hedw.）Lindb.，泽藓 *Philonotis fontana*（Hedw.）Brid.和钙土泽藓 *Philonotis calcarea*（Bruch. & Schimp.）Schimp.。到目前为止，中国尚无珠藓科孢子形态方面的研究。

本文选择了中国珠藓科植物中的 3 属 7 种，用光学显微镜（LM）和扫描电镜（SEM）对其孢子形态进行观察和研究，为我国珠藓科植物的孢粉学提供新的资料。

收稿日期：2005 - 12 - 20，2006 - 01 - 16 接受发表

作者简介：裴林英（1978 - ）女，硕士。研究方向：苔藓植物分类学研究。Tel：010 - 62836106 . E - mail：peilinying0724@126.com

1 材料和方法

孢粉材料取自中国科学院植物研究所标本馆（PE）的珠藓科标本（表1）。光学显微镜观察经G．Erdman醋酸酐分解法处理过的材料，然后将风干后的成熟孢子散在透明胶纸上，贴于金属台面，用离子溅射仪喷金镀膜，在扫描电镜（HITACHIS2800）下观察、照像，每种孢子随机测量20粒，计算其平均值和最小到最大的变化幅度。

表1 材料来源

Table 1 Source of materials

物种 Species	采集地点 Locality	凭证标本 Voucher
亮叶珠藓 *Bartramia halleriana* Hedw．	四川理县 Lixian Count．，Sichuan	赵良能 0144（Zhao Liang-Neng 0144）
直叶珠藓 *Bartramia ithyphylla* Brid．	西藏加查县 Jiacha Count．，Xizang	青藏队植被组 75102 (Vegetation group of Qinghai-Tibet expedition 75102)
珠状泽藓 *Philonotis bartramioides*（Griffith）Griffin et Buck	云南贡山独龙江 Dulong river，Gongshan，Yunnan	汪楣芝 9697c（Wang Mei-Zhi 9697c）
偏叶泽藓 *Philonotis falcata*（Hook．）Mitt．	四川二郎山 Mt．Erlangshan，Sichuan	杨俊良（无号）（Yang Jun-Liang s.n．）
卷叶泽藓 *Philonotis revoluta* Bosch et Lac．	台湾 Taiwan	庄清璋 5445（Chuang Ching-Chang 5445）
细叶泽藓 *Philonotis thwaitesii* Mitt．	台湾 Taiwan	庄清璋 1070（Chuang Ching-Chang 1070）
寒地平珠藓 *Plagiopus oederi*（Brid．）Limpr．	甘肃祁连山 Mt．Qilian，Gansu	卓正大 761-028（Zhuo Zheng-Da 761-028）

2 观察结果

珠藓科7种植物的孢粉特征

2.1 珠藓属 ***Bartramia*** Hedw．全世界广布，共计约110种。中国已知有6种。植物体常丛生或呈垫状。

2.1.1 亮叶珠藓 *Bartramia halleriana* Hedw．

孢子球形，直径为21.9（19.1～26.1）μm，近极薄壁区不明显；孢子外壁厚度约1.7 μm（包括突起），分层不明显；外壁纹饰在LM下为大小不等的疣状突起，疣直径为1.5～4.0 μm，形状不规则，排列较稀。在SEM下疣状突起明显地形成簇生状小群，顶部还有不规则的小突起(图版Ⅰ：1～2)。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外在锡金、印度、日本、欧洲、美洲、大洋洲、非洲也有分布。

2.1.2 直叶珠藓 *Bartramia ithyphylla* Brid．

孢子球形或呈椭圆状球形，长为34.8（30.5～40.9）μm，宽为28.9（26.1～34.8）μm，近极薄壁区常内凹；孢子外壁厚度约3.5 μm（包括突起），分层不明显；外壁纹饰在LM下为疣状突起，疣大小不等，直径为2～5 μm，正面观呈圆形或多角形，中间薄，排列较密，有时连接成弯曲短条状。在SEM下，疣状突起正面观呈圆形、椭圆形或不规则多角形，上部有稀疏小颗粒（图版Ⅰ：3～7)。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外印度、喜马拉雅地区、日本、俄罗斯、大洋洲、欧洲、美洲、非洲也有分布。

2.2 泽藓属 ***Philonotis*** Brid．分布世界各地，习生湿润草丛中或沼泽土，全世界有169种。中国约有20种。

2.2.1 珠状泽藓 *Philonotis bartramioides*（Griffith）Griffin et Buck

孢子极面观为椭圆形，侧面观（赤道面观）呈凹-凸状，凸出部分为远极面，凹入部分为近极面，长为30.5（27～33.1）μm，宽为21.6(17.4～23.5) μm，近极薄壁区明显内凹。在SEM下，外壁纹饰为（花）丝状，顶部具一个或数个大小不等的球形小突起，聚集成片，（花)丝宽狭不一，基部膨大或分枝，Erdtman（1965)称之为“雄蕊状”突起（stamen-like process)。此类孢子纹饰在苔藓孢子中较为独特（图版Ⅰ：8～12)。

此外作者还观察了采自云南贡山独龙江的另一标本（汪楣芝11129)。长为32.3（27.8～35.7) μm，宽24（20～26.1）μm；孢子外壁多呈短的花丝状突起，少数顶端具有球形小突起，形成棒槌状（图版Ⅰ：13～14)。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外在印度、欧洲等地也有分布。

2.2.2 偏叶泽藓 *Philonotis falcata*（Hook．）Mitt．

孢子极面观为椭圆形，侧面观为扁平至凸起，凸出部分为远极面，较平部分为近极面，长为31.2（26.1～35.7）μm，宽20.9（15.7～

26.1) μm，近极薄壁区不明显（有时稍内凹）；外壁厚度约 3.5 μm（包括突起），外层厚于内层；外壁纹饰在 LM 下为排列较密的棍棒状突起，长约 2.6 μm，常簇生成群。在 SEM 下，部分棍棒状的头部融合成簇，顶部高低不平，在近极面的突起较远极面的突起短而密（图版Ⅰ：15，图版Ⅱ：16～18）。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外在朝鲜、日本、菲律宾、尼泊尔、锡金、印度、非洲、美国（夏威夷群岛）等地也有分布。

2.2.3　卷叶泽藓 *Philonotis revoluta* Bosch et Lac.

孢子极面观为圆形或近圆形，侧面观为扁平至凸起，长为 27.6（26.1～30.5）μm，宽为 20.4（18.3～22.6）μm，具近极薄壁区；外壁厚度约 3.5 μm（包括突起），外层厚于内层。外壁纹饰在 LM 下为棍棒状突起，排列较密，长约 2 μm。在 SEM 下，棍棒状突起头部成大片融合（图版Ⅱ：19～22）。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外在日本、菲律宾、印度、印尼也有分布。

2.2.4　细叶泽藓 *Philonotis thwaitesii* Mitt.

孢子极面观为圆形或近圆形，侧面观为凹至凸起，长为 27（25.2～28.7）μm，宽 20.8（17.4～22.6）μm，近极薄壁区向内凹，呈椭圆形；外壁厚度约 3.5 μm（包括突起），外层厚于内层；外壁纹饰在 LM 下为排列较密的棍棒状突起，长约 2 μm。在 SEM 下，棍棒状突起头部不融合，有的顶端有较不规则的小突起（图版Ⅱ：23～27）。

本种较广泛地分布于中国南北各省区。此外在日本、朝鲜、印度也有分布。

2.3　平珠藓属 ***Plagiopus*** Brid. 本属全世界有 3 种，多见于高寒地区。中国有 2 种。

2.3.1　寒地平珠藓 *Plagiopus oederi* (Brid.) Limpr.

孢子近球形，干燥时稍褶皱，直径为 17.4（15.7～19.1）μm，近极薄壁区不明显；外壁厚度约 0.8 μm，分层不明显；外壁纹饰在 LM 下为不明显的疣状或芽孢状突起。在 SEM 下突起大小不等，排列较密，其顶部具有微颗粒状或微刺状突起，并且除疣状和芽孢状突起外，孢壁表面还有少数分散的，较大而光滑的圆球形突起（图版Ⅱ：28～30）。

本种分布于中国（黑龙江、辽宁、吉林、陕西、新疆、湖北、四川、云南、西藏）、加拿大、格陵兰、美国、欧洲、日本、朝鲜、菲律宾及喜马拉雅地区。

7 种孢子的形态结构特征的比较见表 2。

表 2　中国 7 种珠藓科植物的孢子形态结构特征

Table 2　Morphological characters of spores of seven species of Bartramiaceae in China

物种 Species	孢子直径（μm）Spore diameter (LM)	孢子形态，极面观 Spore shape (LM)	萌发孔 Aperture (LM)	孢壁厚度（μm）Sporoder thickness	纹饰 Exine ornamentation (SEM)
亮叶珠藓 *Bartramia halleriana* Hedw.	21.9 (19.1～26.1)	球形 spherical	近极薄壁区 katalept	约 1.7（包括突起）	疣状 verrucate
直叶珠藓 *B. ithyphylla* Brid.	28.9 (26.1～34.8) × 34.8 (30.5～40.9)	球形或椭圆状球形 spherical	近极薄壁区且常内凹 katalept	3.5	疣状 verrucate
珠状泽藓 *Philonotis bartramioides* (Griffith) Griffin et Buck	30.5 (27～33.1) × 21.6 (17.4～23.5)	椭圆形 oval	近极薄壁区且明显内凹 katalept		(花）丝状 stamen-like process
偏叶泽藓 *P. falcata* (Hook.) Mitt.	20.9 (15.7～26.1) × 31.2 (26.1～35.7)	椭圆形 oval	近极薄壁区 katalept	3.5	棍棒状突起 clavate
卷叶泽藓 *P. revoluta* Bosch et Lac.	20.4 (18.3～22.6) × 27.6 (26.1～30.5)	圆形或近圆形 circular	近极薄壁区 katalept	3.5	棍棒状突起 clavate
细叶泽藓 *P. thwaitesii* Mitt	20.8 (17.4～22.6) × 27 (25.2～28.7)	圆形或近圆形 circular	近极薄壁区且向内凹 katalept	3.5	棍棒状突起 clavate
寒地平珠藓 *Plagiopus oederi* (Brid.) Limpr.	17.4 (15.7～19.1)	近球形 spherical	近极薄壁区 katalept	0.8	疣状或芽孢状突起 Verrucate or gemmate

3 讨论

通过对珠藓科7种植物孢子形态结构的观察研究，发现它们在形态、大小、外壁厚度等方面有较大的相似性。但7种孢子在近极薄壁区的有无、形状和外壁纹饰等方面有区别，显示了不同属和种间存在一定的差异。

3.1 珠藓科孢子的形态特征

珠藓科孢子多为球形或椭圆状球形。孢壁的厚度约2.75（0.8～3.5）μm，其中最薄的为寒地平珠藓 *Plagiopus oederi* 只有0.8 μm，为比较原始的类型。萌发孔只有一种类型即近极薄壁区，且有些种类在近极薄壁区明显内凹。在SEM下外壁纹饰明显表现为不同类型，有疣状、棍棒状和（花）丝状等突起，且各种突起头部大多簇生或融合，其中珠状泽藓 *Philonotis bartramioides* (Griffith) Griffin et Buck 外壁纹饰在苔藓中较为独特，呈“雄蕊状”突起。

珠藓属 *Bartramia* 孢壁纹饰均为疣状突起，但亮叶珠藓 *B. halleriana* 的孢子直径明显小于直叶珠藓 *Bartramia ithyphylla* 的孢子。

泽藓属 *Philonotis* 中，所观察的4种植物的孢子除珠状泽藓 *Philonotis bartramioides* 的外壁纹饰为（花）丝状外，其余3种孢壁纹饰均为棍棒状突起。且这3种孢子的孢壁纹饰在LM下形状、大小、纹饰都很相似，不易区分。而在SEM下观察，3种植物孢壁上的棍棒状突起头部融合程度则表现出差异，显示出由分离至部分融合以至成片融合的变化趋势。如：细叶泽藓 *Philonotis thwaitesii* 孢子纹饰头部是不融合的；偏叶泽藓 *Philonotis falcata* 则融合成簇；卷叶泽藓 *Philonotis revoluta* 更是融合成片。

珠状泽藓 *Philonotis bartramioides* 曾作为单齿小珠藓 *Bartramidula bartramioides* 的异名放在小珠藓属 *Bartramidula*。Griffin and Buck（1989）认为小珠藓属 *Bartramidula* 大多数种的配子体和泽藓属 *Philonotis* 的配子体并无区分，如，两者叶片都为卵状披针形，无纵褶，基部细胞不分化，细胞薄壁，且疣的形状和着生部位也相似，应该调至泽藓属 *Philonotis*。Eddy（1996）在《A Handbook of Malesian Mosses》一书中，也支持将单齿小珠藓 *Bartramidula bartramioides* 调至泽藓属 *Philonotis*。然而他们并未提供孢子的形态性状的研究，尤其是电镜扫描方面的工作。作者在研究中观察到珠状泽藓 *Philonotis bartramioides* (Griffith) Griffin et Buck 的孢壁纹饰为（花）丝状，顶部具一个或数个大小不等的球形小突起，聚集成片。这种结构在不同居群之间也存在一定的变化，例如，该种的另一号标本：汪楣芝 11129，(花）丝状突起就相对较短，有时顶端仅有一个球形小突起，与泽藓属的棍棒状突起更为相似。作者认为该类丝状突起的结构与泽藓属的突起应归为一类。本研究从孢子纹饰方面得到的证据也支持 Griffin and Buck（1989）将 *Bartramidula bartramioides* (Griff.) Wijk. et Marg. 调至泽藓属，即 *Philonotis bartramioides* (Griffith) Griffin et Buck。

平珠藓属 *Plagiopus* 孢壁纹饰为不明显的疣状或芽孢状突起，此外，偶尔还观察到呈分散状，形状较大且光滑的圆球形突起。寒地平珠藓 *Plagiopus oederi* 孢子直径明显小于其它所观察的6种植物，该特征使其在LM下易于与其他种类的孢子区别。

3.2 7种珠藓科植物的分种检索表

根据对上述7种中国珠藓科植物孢子形态特征的观察和研究，我们以它们孢子性状为依据，编制一个检索表为该科的专著性研究提供一些参考。

1．孢壁表面为疣状突起，此外还有少数分散的、较大而光滑的圆球形突起，孢子平均直径为17.4 μm ………………………… 1．寒地平珠 ***Plagiopus oederi***

1．孢壁表面为疣状、花丝状或棍棒状突起，此外没有分散的、较大而光滑的圆球形突起，孢子平均直径大于20.4 μm ………………………………………………… 2

2．在LM下，孢壁近极薄壁区明显内凹，且表面呈花丝状突起 ………… 2．珠状泽藓 ***Philonotis bartramioides***

2．在LM下，孢壁近极薄壁区不内凹或内凹不明显，表面不呈花丝状突起 …………………………………… 3

3．在LM下，孢壁纹饰呈明显的棍棒状突起 ………… 4

3．在LM下，孢壁纹饰不呈明显的棍棒状突起 ……… 6

4．在SEM下，孢壁近极薄壁区明显内凹，且棍棒状突起的头部不融合…… 3．细叶泽藓 ***Philonotis thwaitesii***

4．在SEM下，孢壁近极薄壁区内凹不明显，棍棒状突起的头部融合 ……………………………………… 5

5．在SEM下，部分棍棒状突起头部融合成簇 ………………………… 4．偏叶泽藓 ***Philonotis falcata***

5．在SEM下，棍棒状突起头部融合成片

…………………………… 5．**卷叶泽藓 *Philonotis revolute***

6．**在 SEM 下，疣状突起形成明显地簇生小群**

…………………………6．**亮叶珠藓 *Bartramia halleriana***

6．**在 SEM 下，疣状突起不形成明显地簇生小群**

…………………………7．**直叶珠藓 *Bartramia ithyphylla***

〔参　考　文　献〕

Adam B, Magda JK, Zoltan T, *et al*, 1993．An Atlas of Recent European Bryophyte Spores［M］．Budapest: the Academic Press, 321

Crosby MR, Magill RE, Allen B, *et al*, 1999．A checklist of the Mosses［M］．St．Louis: Missouri Botanical Garden

Eddy A, 1996．A Handbook of Malesian Mosses［M］．London: Natural History Museum, 277

Erdtman G, 1965．Pollen and Spore Morphology Plant Taxonomy, Gymnospermae, Bryophyte (text), An Introduction to Palynology, Ⅲ［M］．Stockholm: Almqvist and Wiksell

Griffin DⅢ, Buck WR, 1989．Taxonomic and phylogenetic studies on the Bartramiaceae［J］．*Bryologist*, **92**: 368—380

Hirohama T, 1977．Spore Morphology of bryophytes observed by scanning eletron microscope, II．Bartramiaceae［R］．Nat．Sci．Mus., Tokyo, Ser．B．Bot, **3**: 37—44

Redfearn PL, Tan BC & SH, 1996．A newly update and annotated checklist of Chinese mosses［J］．*Hattori Bot Lab*, **79**: 163—357

Virtanen V, 2000．Taxonomic Studies of the Bartramiaceae, Bryopsida, Dissertation［M］．University of Helsinki 2000．nestr．31

图版说明

图版 I：1～15　**珠藓科** 5 **种植物孢子扫描电镜照片**

1～2．**亮叶珠藓**；3～7．**直叶珠藓**；8～12．**单齿小珠藓**；13～14．**珠状泽藓**；15．**偏叶泽藓**

1，3，6．**远轴面**；2，4，7，11，12，14．**外壁纹饰**；5，8，15．**侧面观**；9，10，13．**近轴面**

图版 II：16～30　**珠藓科** 4 **种植物孢子扫描电镜照片**

16～18．**偏叶泽藓**；19～22．**卷叶泽藓**；23～27．**细叶泽藓**；28～30．**寒地平珠藓**

16，23，28，29．**远轴面**；17，19，27．**侧面观**；18，22，25，26，30．**外壁纹饰**；20，21，24．**近轴面**

Explanation of Plates

Plate Ⅰ: 1-15．Spore morphology of five species of the Bartramiaceae under SEM

1-2．*Bartramia halleriana*; 3-7．*Bartramia ithyphylla*; 8-12．*Bartramidula bartramioides*; 13-14．*Philonotis bartramioides*; 15．*Philonotis falcate*

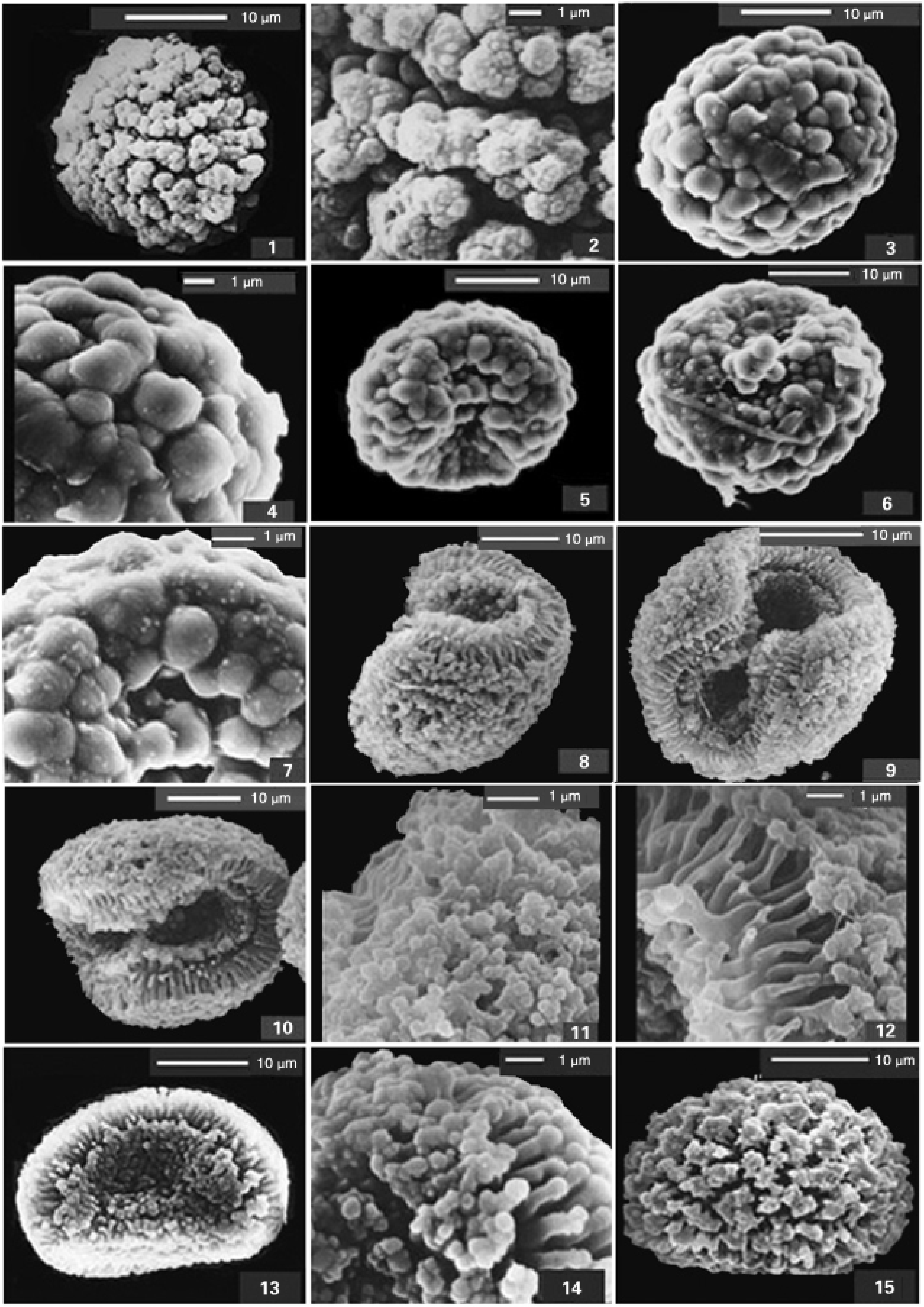
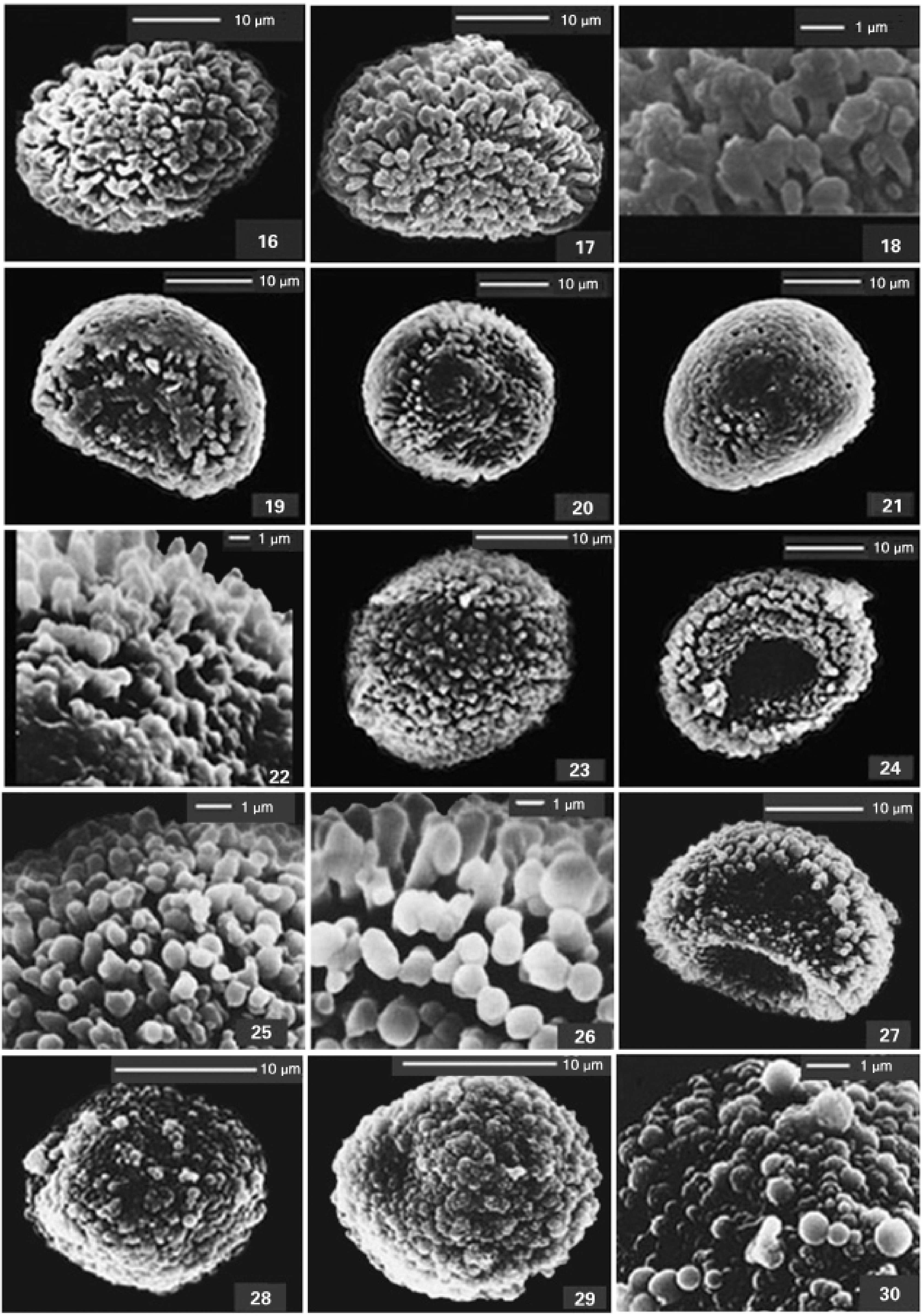
1, 3, 6．distal view; 2, 4, 7, 11, 12, 14．exine ornamentation of spore; 5, 8, 15．lateral view; 9, 10, 13．proximal view

Plate Ⅱ: 16-30．Spore morphology of four species of the Bartramiaceae under SEM

16-18．*Philonotis falcate*; 19-22．*Philonotis revoluta*; 23-27．*Philonotis thwaitesii*; 28-30．*Plagiopus oederi* (Brid.) Limpr．

16, 23, 28, 29．distal view; 17, 19, 27．lateral view; 18, 22, 25, 26, 30．exine ornamentation of spore; 20, 21, 24．proximal view

裴林英等：图版 I PEI Lin-Ying *et al*: Plate I



裴林英等：图版Ⅱ　　PEI Lin-Ying *et al*：Plate Ⅱ